

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Magdalena Lešić, apsolvent
Diplomski studij Bilinogojstvo
Smjer Zaštita bilja

INSEKTICIDNI UTJECAJ DIJATOMEJSKE ZEMLJE, PRAŠIVA I EKSTRAKTA
CARSKE PAULOVNJE (*Paulownia tomentosa*) NA ŽITNOG KUKULJIČARA
(*Rhyzopertha dominica*)
Diplomski rad

Osijek, 2019.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Magdalena Lešić, apsolvent
Diplomski studij Bilinogojstvo
Smjer Zaštita bilja

INSEKTICIDNI UTJECAJ DIJATOMEJSKE ZEMLJE, PRAŠIVA I EKSTRAKTA
CARSKE PAULOVNJE (*Paulownia tomentosa*) NA ŽITNOG KUKULJIČARA
(*Rhyzopertha dominica*)
Diplomski rad

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:

1. dr. sc. Marija Ravlić, predsjednica
2. dr. sc. Pavo Lucić, mentor
3. izv. prof. dr. sc. Anita Liška, članica

Osijek, 2019.

Sadržaj

1. Uvod	1
2. Pregled literature	3
2.1. Žitni kukuljičar	3
2.2. Carska paulovnja	4
2.3. Dijatomejska zemlja	5
3. Materijal i metode rada	8
3.1. Materijal rada	8
3.2. Metode rada	9
3.2.1. Uzgoj testnih kukaca	9
3.2.2. Testiranje prašiva carske paulovnije	11
3.2.3. Testiranje inertnih prašiva	14
3.2.4. Testiranje ekstrakta carske paulovnije	14
4. Rezultati	18
5. Rasprava	21
6. Zaključak	24
7. Popis literature	25
8. Sažetak	30
9. Summary	31
10. Popis tablica	32
11. Popis slika	33
Temeljna dokumentacijska kartica	34
Basic documentation card	35

1. Uvod

Skladištenje, čuvanje ili spremanje poljoprivrednih proizvoda predstavlja krajnji ili završni zahvat u cjelokupnom procesu proizvodnje pojedinog ratarskog proizvoda. Za vrijeme skladištenja dolazi do promjene biokemijskih, fizikalnih i kemijskih procesa u zrnu (Ritz, 1978.). A čimbenici koji utječu na uskladišteni proizvod mogu biti biološkog porijekla (disanje, kukci i grinje, štete od glodavaca, ptica, mikroorganizama i dr.) i mehaničkog porijekla (ozljede, lom zrna, rasipanje). Osnovni zadaci skladištenja su:

- uskladištiti proizvod bez gubitaka kakvoće – kvalitete,
- uskladištiti proizvod bez gubitka kvantitete – težine,
- povisiti kakvoću proizvoda,
- troškove rada i sredstava po jedinici težine proizvoda smanjiti što je moguće više.

Najvažniji čimbenici kod pravilnog skladištenja su vlaga i temperatura, potrebno je redovno kontroliranje prostora u kojem se skladišti proizvod. Vrlo je važno minimalno jednom mjesečno kontrolirati vlagu, temperaturu i hektolitarsku masu proizvoda te prisutnost štetnika. Svojstva uskladištenih proizvoda su:

- fiziološka svojstva – u ova svojstva ubrajamo: dozrijevanje, naknadno ili posliježetveno dozrijevanje, procesi samozagrijavanja, disanja i proključavanja;
- fizikalna svojstva – ova svojstva dijelimo na više grupa: općenita fizikalna svojstva (hektolitarska masa, specifična i apsolutna masa), fizikalna svojstva zrnatih proizvoda (sipkost, poroznost, raslojavanje zrnate mase, oštećenje sjemena), količina i vrsta primjesa;
- kemijska svojstva – odnose se na poznavanje anorganskih tvari u uskladištenoj masi (voda i minerali) te organskih tvari (ugljikohidrati, masti, bjelancevine, vitamini i enzimi).

Najveće štete uskladištene robe čine skladišni štetnici. Među njima razlikujemo primarne i sekundarne štetnike (Rozman i Liška). Primarni štetnici oštećuju cijelo, neoštećeno zrno te se razvijaju i veći dio životnog vijeka provode u zrnu. Sekundarni štetnici oštećuju zrna koja su predhodno oštetili primarni štetnici te zrna koja su oštećena tijekom žetve, transporta i slično. Čine štete tako što se hrane unutarnjim dijelom zrna, izjedaju endosperm sve do ljuske zrna. U suzbijanju skladišnih štetnika primjenjuju se kemijski insekticidi, posebice fumiganti. Kod skladištenja potrebno je primijeniti insekticide izravno na zrno čime se sprječava širenje kukaca, nastanak šteta i gubitak uskladištene mase. Vrste kukaca koje

oštećuju cjelovito zrno žitarica pripadaju rodu *Sitophilus*: žitni žižak *Sitophilus granarius* (L.), rižin žižak *Sitophilus oryzae* (L.) i kukuruzni žižak *Sitophilus zeamais* (Motsch.). Cjelovito zrno također oštećuju žitni kukuljičar *Rhyzopertha dominica* (Fab.), žitni moljac *Sitotroga cerealella* (Oliv.), hambarski moljac *Nemapogon granella* (L.) i rižin moljac *Corcyra cephalonica* (Stt.). Sekundarne štete čine: surinamski brašnar *Oryzaephilus surinamensis* (L.), kestenjasti brašnar *Tribolium castaneum* (Herbst), mali brašnar *Tribolium confusum* (Du Val.) (Hamel, 1997).

Metode suzbijanja dijelimo na preventivne i kurativne mjere. U preventivne mjere ubrajamo sve radnje i postupke kojima se sprječava pojava štetnika i suzbija malobrojna populacija koja još nije izazvala značajnu štetu. Kurativnim mjerama se suzbija postojeća štetna populacija štetočinja u skladišnim objektima. Higijenske mjere – kako bi se izbjegla jača pojava štetnika potrebno je skladište čistiti i dezinficirati. Potrebno je iznositi otpad iz skladišta, krečiti zidove, obavljati građevinsko tehničke popravke, itd. Fizikalne i mehaničke mjere – u ovu skupinu mjera ubraja se primjena visoke i niske temperature, čuvanje proizvoda u hermetički zatvorenim prostorima, inertna prašiva, skladištenje u podzemnim objektima, primjena visoko frekventnih zvukova, itd. Kod fizikalnih mjera je prednost korištenje inertnih prašiva (Fields i Korunić, 2003.). Prednost inertih prašiva je u tome da pružaju dugotrajnu zaštitu, lako su primjenjiva, održavaju kvalitetu zrna i imaju nisku toksičnost za toplokrvne organizme (Allen, 1998.). Biološke mjere – smatra se suzbijanje štetnika pomoću prirodnih neprijatelja, predatora, parazita životinjskog porijekla te primjenom bakterija, gljivica protozoa i virusa. Ova metoda suzbijanja ima gotovo beznačajnu ulogu. Da bi došlo do primjene bioloških metoda mora biti veliki broj štetnika prisutan, jer u suprotnom su načinjene nepovratne štete na proizvodima (Korunić, 1990.). Kemijske mjere – koriste se različiti pesticidi koji se primijenjuju prskanjem, orošavanjem, u obliku prašiva, itd. Posebnu skupinu pesticida čine fumiganti, koji se nalaze u obliku krutih i tekućih formulacija koje u dodiru sa zrakom kod određene temperature i vlage prelaze u plin i u tom obliku djeluju letalno na štetnika. Fumigacija je važna kao mjera kojom se učinkovito mogu suzbiti štetnici u zrnu, drvu, prostoru punom robe ili u praznom prostoru (Hamel, 2012.). Fumiganti su toksični za ljude i životinje. Nakon fumigacije zaostaju rezidue u tretiranoj robi i zbog toga je fumigacija krajnji izbor za suzbijanje štetnika u skladištima. Listovi, kore, prašiva sjemena i ekstrakti biljnih ulja smanjuju ovipoziciju i pojavljivanje odraslih jedinki štetnih kukaca (Bakkali i sur., 2008.). Najpoznatiji primjer je nim (*Azadirachta indica* A. Juss), čiji dijelovi se koriste u zaštiti zrnatih proizvoda (Jotwani i Sircar, 1965.).

2. Pregled literature

2.1. Žitni kukuljičar

Žitni kukuljičar (*R. dominica*) je jedan od glavnih primarnih štetnika u skladištu. Tijelo mu je dugo 2,3-3 mm, tamnosmeđe boje, valjkastog oblika. Vratni štit u potpunosti prekriva glavu (slika 1.). Ženka odloži 100-500 jajašaca na razne proizvode. Ličinka ima razvijena tri para nogu, bijele je boje i pokrivena je kratkim dlačicama. Za razvoj potrebna je temperatura viša od 30 °C. Termofilna je vrsta. Ličinke oštećuju različite proizvode, a mogu se ubušiti u zdravo zrno žitarica u kojem izgrizaju endosperm i hrane se njime. Prisutnost štetnika prepoznaje se po slatkastom mirisu zaražene pšenice. Zaraza se širi i letom jer ima dobro razvijena krila, a godišnje se pojave dvije generacije. Mjere suzbijanja su sljedeće: higijenske mjere (čišćenje skladišnog objekta i robe od primjesa), fizikalne i mehaničke mjere (primjena visoke i niske temperature, hermetičko čuvanje, inertna prašiva), biološke mjere (primjena predatora i parazita) i kemijske mjere (primjena insekticida i fumigacija) (Korunić, 1990.).



Slika 1. Žitni kukuljičar (*R. dominica*)

(Izvor: <http://www.nbair.res.in/insectpests/Rhyzopertha-dominica.php>)

2.2. Carska paulovnja

Carska paulovnja (*Paulownia tomentosa* (Thunb.) Steud.), (slika 2.) je listopadno stablo iz porodice *Paulowniaceae*. Naraste do 15 m u visinu, ima uspravno deblo promjera do 60 cm te zaobljenu krošnju. Kora je u početku glatka, tanka i sivosmeđa, kasnije postane plitko ispucana. Listovi su nasuprotni, veliki do 30 cm, srcoliki, ušiljenog vrha, cjelovitog ruba. Cvjetni pupovi stvaraju se od jeseni, no početkom proljeća prije listanja procvjetaju u plavu boju. Zvonolikog su oblika, promjera 3-5 cm, mirisni su, skupljeni su u cvatove na krajevima grana. Plod je ovalna, čvrsta kapsula ušiljena na samom vrhu, sadrži mnogobrojne sitne sjemenke. Sadi se kao ukrasno stablo, cijeni se zbog izrazito brzog rasta, u jednoj godini može narasti i do 5 m. Nakon što se posječe, drvo se brzo regenerira. Drvo je lagano, mekano, otporno na štetočinke i omogućuje različitu upotrebu. Paulovnja je izrazito medonosna biljka. Zbog navedenih karakteristika vrlo je traženo drvo za izradu namještaja, ploča, igračaka kao i sirovina za papir, biološko gorivo itd. Drvo se koristi u brodogradnji, avio-industriji. Također je vrlo cijenjeno i traženo za izradu glazbenih instrumenata.



Slika 2. Carska paulovnja (*P. tomentosa*) (Izvor: M. Lešić)

2.3. Dijatomejska zemlja

Dijatomejska zemlja (slika 3.) je geološki depozit nastao od silikatne sedimentne stijene koja je nastala taloženjem ostataka dijatomeja. Dijatomeje su jednostanične alge poznate još i kao alge kremenjašice, a različitog su oblika i boja. Sadrže pigmente klorofila a i c, karotenoid i ksantofil (fukoksantin). Na zemlji ima preko 100 000 vrsta razvrstanih u 250 rodova. Sitne čestice, odnosno dijatomy ili dijelovi dijatoma, se zalijepe na tijelo kukca te sorpcijom, abrazijom i fizikalnim snagama oštećuju voštani sloj na tijelu koji štiti kukca od gubitka vlage iz tijela (Korunić, 2007). Uloga dijatomejske zemlje je da se koristi kao insekticid u skladištima, filtriranje vode i ulja, odstranjivanje crijevnih parazita, za suzbijanje parazita i buha kod kućnih ljubimaca. Dijatomejska zemlja je stabilna, inertna supstanca koja ne stupa u kemijske reakcije niti s jednom supstancom u prirodi pa tako ne stvara opasne ili otrovne rezidue (Korunić, 2007.). Dijatomejska zemlja oštećuje probavni trakt kukaca (Smith, 1969.) i blokira respiracijski otvor (Webb, 1945.). Ebeling (1971.) navodi da kukci ugibaju nakon što izgube oko 60 % vode ili 30 % tjelesne mase.



Slika 3. Dijatomejska zemlja (Izvor: <https://hr.insterne.com/sto-je-dijatomejska-zemlja/>)

Paponja i sur. (2017.) istraživali su insekticidni učinak dijatomejske zemlje Protect-It® na žitnog kukuljičara *R. dominica*, zaprašivanjem tri različite sorte pšenice, zobi i raži. Cilj je bio utvrditi ima li Protect-It® jednaku djelotvornost kod različitih sorti žitarica, te utvrditi utjecaj prašiva na fizikalna svojstva sorata. Pri dozi od 500 mg kg⁻¹ nakon 7 dana ekspozicije,

najviši prosječni mortalitet kukuljičara je postignut kod raži (98,5 %), zatim kod pšenice (95,9 %), te kod zobi (84,2 %). Dijatomejska zemlja je kod svih sorti djelovala na sniženje hektolitarske mase. Temeljem dobivenih rezultata, zaključili su da djelotvornost dijatomejske zemlje značajno varira ovisno o sorti žitarica.

Lucić i sur. (2018.) su istraživali učinkovitosti ekstrakta lavandina (*Lavandula intermedia*) u kombinaciji s dva hrvatska inertna prašiva (D-01, I MA-4) u suzbijanju žitnog kukuljičara na pšenici s dvije doze (300 i 600 mg kg⁻¹) pri ekspoziciji od 7 i 14 dana. Cilj istraživanja je razvoj prirodnih insekticida koji ne utječu negativno na okoliš. Kombinacija lavandina i D-01 pri dozi od 600 mg kg⁻¹ je pokazala najviši mortalitet (62,5 %) nakon 14. dana ekspozicije. Mortalitet postignut pri dozi od 600 mg kg⁻¹ su statistički značajno viši u odnosu na mortalitet pri dozi od 300 mg kg⁻¹ i kontroli kod kombinacije lavandina i D-01 te lavandina i MA-4. Kombinacijom lavandina i MA-4 pri dozi od 300 mg kg⁻¹ je postignut statistički značajno viši mortalitet (9,0 %) nakon 14 dana ekspozicije u odnosu na mortalitet (4,5 %) postignut nakon 7 dana. Rezultati ukazuju na visoki potencijal kombinacije hrvatskih inertnih prašiva i botaničkih insekticida u suzbijanju žitnog kukuljičara.

Korunić i sur. (1996.) prikazuju utjecaj dijatomejske zemlje kod suzbijanja štetnika na farmana u Kanadi. Rezultati dvogodišnjeg pokusa suzbijanja štetnika u pšenici u metalnim skladištima s DZ Protect-It[®] ukazuju da je kod vrste *T. castaneum* populacije bila smanjena pri dozi od 100 mg kg⁻¹, a pri dozi od 300 mg kg⁻¹, populacija je svedena na minimum nakon dva mjeseca.

Lucić i sur. (2018.) su istražili insekticidni i alelopatski potencijal ljupčaca (*Levisticum officinale* Koch). U istraživanju su koristili vodeni ekstrakt ljupčaca. Testirano je kroz tri koncentracije (2, 6 i 10 %) na dvijema vrstama skladišnih štetnika (*R. dominica* i *T. castaneum*). Istraživanja su vršili na dvije površine: drvo i staklo, u tri ekspozicije (4, 24 i 48 h). Insekticidni učinak se izuzetno dobro pokazao na *R. dominica* koji je postignut na staklenoj površini (mortalitet 93,3 %), pri najkraćoj ekspoziciji (4h) i najvećoj koncentraciji (10 %). Produljenjem ekspozicije mortalitet žitnog kukuljičara se povećavao na staklenoj površini ali ne statistički značajno. Na drvenoj površini je postigut mortalitet tek pri najvišoj koncentraciji. Dok mortalitet na *T. castaneum* nije zabilježen insekticidni učinak niti pri najvišoj koncentraciji niti pri najvišoj ekspoziciji, kako na staklenoj tako i na drvenoj površini. Alelopatski utjecaj ekstrakta ljupčaca je istražen u različitim koncentracijama (2, 4, 6, 8 i 10 %), na klijavost i rast klijanaca kelja i sjetvene grbice. Povećanjem koncentracije ekstrakta se povećavao i alelopatski učinak. Istraživanja su pokazala da je postignut potpuni

inhibitorni učinak svih parametara kod sjetvene grbice pri koncentraciji od 6 %, te kod kelja pri koncentraciji od 8 %.

Rozman i Kalinović (2000.) su istražili domaće aromatično bilje kao zaštitu protiv skladišnih štetnika. Koristili su bilje u obliku eteričnog ulja i praha. U istraživanju su testirani *R. dominica* i *S. granarius*. Tretirani su s aromatičnim biljem u obliku praha. Najviša insekticidna učinkovitost praha je postignuta kod *R. dominica*.

Belmain i sur. (2001.) navode istraživanje utjecaja šest tradicionalnih vrsta biljaka u Gani na skladišne štetnike. Korištene su tri koncentracije na četiri vrste koje su najzastupljenije u skladištima (*R. dominica*, *Callosobruchus maculatus* (Fab.), *Prostephanus truncatus* (Horn) i *S. zeamais*). Sve vrste biljaka su pokazale insekticidni učinak na sve vrste štetnika.

Korunić i Mackay (2000.) laboratorijski su istraživali kako prašivo Protect-It® utječe na mortalitet tri najčešće vrste skladišnih štetnika (*S. oryzae*., *T. castaneum* i *R. dominica*). Pokus se provodio na pšenici koja je stavljena u limene posude visine 50 cm, odnosno 100 cm. Pšenica je tretirana prašivom dvijema koncentracijama (0,5 i 0,7 g kg⁻¹). Tretmani su uzrokovali mortalitet od 98-100 %. Koncentracija prašiva Protect-It® od 0,5 g kg⁻¹ se pokazala dovoljnom za kontrolu štetnika u sloju od 100 cm, odnosno za tretiranje do 20 % ukupne mase bilo dovoljno kako ne bi došlo do smanjivanja hektolitarske mase.

Athanassiou i sur. (2007.) su istraživali učinak tri formulacije DZ (Insecto®, Protect-It® i PyriSec®), koje su aplicirane same i u kombinaciji. Pokus se izvodio u kontroli tri skladišna štetnika (*R. dominica*, *S. oryzae* i *T. confusum*). Rezultati potvrđuju da je kombinacija dvije ili tri formulacije učinkovitija nego aplikacija samo jedne formulacije DZ za sve tri ispitivane vrste štetnika.

Pereira i Wohlgemuth (1982.) su zabilježili da je nim vrlo učinkovita biljka u zaštiti zrnatih proizvoda od *S. oryzae*, *T. castaneum*, *R. dominica* i *Callosobruchus chinensis* (L.). Koristili su ulje nima i prašivo sjemeni nima. Ulje nima stvara jednolike prevlake preko zrna proizvoda i time štiti zrno od napada štetnika u trajanju od 180 do 330 dana (Ahmed, 1994.).

Liška i sur. (2016.) navode testiranje insekticidne djelotvornosti biljne formulacije ZK na žitnog kukuljičara i rižinog žiška na različite površine. Formulacija ZK koju čini ekstrakt suncokreta, ulje kukuruza, eterično ulje eukaliptusa te aditiv za održavanje konzistencije formulacije. Bolje djelovanje formulacije je postignuto na žitnom kukuljičaru nego na rižinom žišku. Najveći mortalitet je postignut na staklu, dok je na drvenim površinama djelotvornost značajno smanjena kod obje vrste tretiranih kukaca. Najboljom se pokazala nerazrijeđena formulacija.

3. Materijal i metode rada

Laboratorijsko testiranje insekticidne učinkovitosti dijatomejske zemlje te prašiva i ekstrakta carske paulovnije provedeno je u Laboratoriju za posliježetvene tehnologije Zavod za fitomedicinu na Fakultetu agrobiotehničkih znanosti Osijek tijekom 2019. godine.

Plan istraživanja:

1. Uzgoj F1 generacije odraslog testnog kukca žitnog kukuljičara (*R. dominica.*);
2. Laboratorijska istraživanja učinkovitosti prašiva i ekstrakta lista carske paulovnije (*P. tomentosa*) na pšenici u suzbijanju žitnog kukuljičara;
3. 3. Laboratorijska istraživanja učinkovitosti prašiva DZ SilicoSec® i Celatom Mn-51® na pšenici u suzbijanju žitnog kukuljičara.

3.1. Materijal rada

Vrste tretmana:

1. Prašivo lista carske paulovnije s česticama promjera 150 µm;
2. Ekstrakt lista carske paulovnije – kombinacija vodenog ekstrakta i alkoholnog ekstrakta (2-propanol);
3. Dijatomejske zemlje (SilicoSec® i Celatom Mn-51®).

Biljni materijal (list carske paulovnije) je sakupljan na području Osječko-baranjske i Vukovarsko-srijemske županije, a osušen je pri laboratorijskim uvjetima. Od inertnih prašiva u istraživanju su korištene dvije registrirane dijatomejske zemlje (SilicoSec® i Celatom Mn-51®).

3.2. Metode rada

3.2.1. Uzgoj testnih kukaca

Uzgoj testnih kukaca obavljen je u kontroliranim uvjetima pri temperaturi od 29 ± 1 °C, relativnoj vlazi zraka 70-80 % u tami. Za potrebe istraživanja koristili su se F1 generacije odraslih testnih kukaca vrste *R. dominica*. Kao uzgojni medij korištena je pšenica s 14 % vlage. Pšenica je prethodno prosijana kroz sito promjera 2,0 mm (slika 4.) i sterilizirana u sušioniku (slika 5.) pri 60 °C u trajanju od 1 sat. Sadržaj vlage izmjeren je uređajem Dickey-John GAC 2100 (slika 6.). U istraživanju su korištene odrasle jedinke starosti 7-21 dan.



Slika 4. Sito promjera 2,0 mm (Izvor: M. Lešić)

Staklene posude volumena 720 ml ispunjene su s 300 g pšenice te je introducirano 200 odraslih jedinki obaju spolova različite starosti (slika 7.). Staklene posude prekrivene su perforiranim poklopcima, kako bi bilo moguće disanje. Nakon kopulacije u trajanju od 7 dana, roditelji su uklonjeni iz uzgojne podloge, a nakon 63 dana pojavljuju se prve odrasle jedinke F1 generacije, koji su se koristili u istraživanju.



Slika 5. Uređaj za sušenje (Izvor: M. Lešić)



Slika 6. Dickey-John GAC 2100 (Izvor: M. Lešić)



Slika 7. Žitni kukuljičar u pšenici (Izvor: M. Lešić)

3.2.2. Testiranje prašiva carske paulovnije

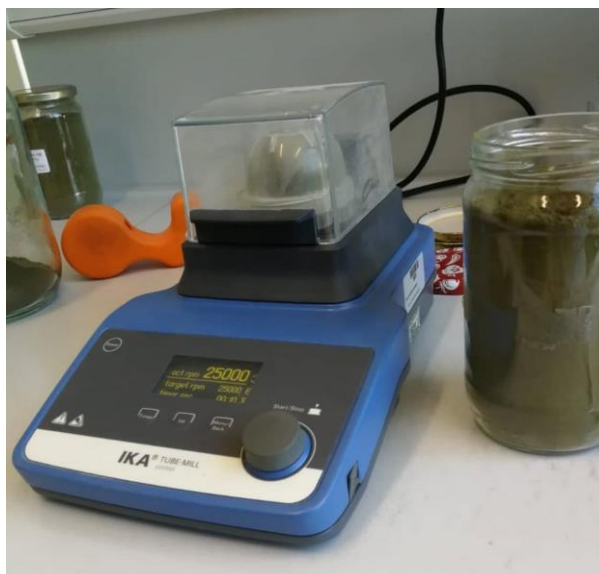
List carske paulovnije (slika 8.) je osušen, ručno usitnjen (slika 9.) i samljeven u mlinu IKA® TubeMill (slika 10.) pri 25 000 okretaja u minuti, nakon čega je prašivo ručno prosijano kroz sito otvora 150 μm (slika 11.), čime su dobivene ujednačene veličine čestica prašiva. Prašivo je primijenjeno u staklene posude volumena 200 ml koje su prethodno ispunjene sa 100 g sterilne pšenice. Staklene su posude hermetički zatvorene poklopcem i ručno promješane u trajanju od 60 s. Nakon toga je introducirano 20 odraslih jedinki po tretmanu. Zatim su staklene posude prekrivene perforiranim poklopcima i odložene u kontrolirane uvjete (29 ± 1 °C; 70-80 % rvz). Prašivo carske paulovnije je primijenjeno u trima koncentracijama: 2 500, 5 000 i 10 000 mg kg^{-1} , a uz to je postavljen i kontrolni tretman. Očitanje mortaliteta vršilo se nakon 7. i 14. dana ekspozicije.



Slika 8. Osušeni list carske paulovnije (Izvor: M. Lešić)



Slika 9. Usitnjeni list carske paulovnije (Izvor: M. Lešić)



Slika 10. Mlin IKA® TubeMill (Izvor: M. Lešić)



Slika 11. Carska paulovnja prosijana kroz sito promjera 150 µm

3.2.3. Testiranje inertnih prašiva

Inertno prašivo primijenjeno je u staklene posude volumena 200 ml ispunjene sa 100 g sterilne pšenice. Staklene su posude hermetički zatvorene i sadržaj je ručno protresen u trajanju od 60 s. Nakon toga inducirano je 20 odraslih jedinki po tretmanu. Zatim su staklene posude prekrivene perforiranim poklopcima i odložene u kontrolirane uvjete (29 ± 1 °C; 70-80 % rvz). Inertna prašiva SilicoSec® i Celatom Mn-51® su primijenjena u trima koncentracijama: 250, 500 i 700 mg kg⁻¹ (slika 12.), a uz to je postavljen i kontrolni tretman. Očitanje mortaliteta vršilo se nakon 7. i 14. dana ekspozicije.



Slika 12. Odvaga inertnog prašiva (Izvor: M. Lešić)

3.2.4. Testiranje ekstrakta carske paulovnije

Ekstrakt je pripravljen na bazi vode, alkohola (2-propanol) i kombinacije navedenog. Prašivo carske paulovnije s frakcijama do 150 µm miješano je posebno vodom (70-80 °C) i posebno s alkoholom (2-propanol) (slika 13.). Ekstrakcija je pripravljena u visokim staklenim posudama, a trajala je 4 dana. Svakih 24 sata je ekstrakt promiješan do stvaranja „mekane paste”, zbog odvajanja otapala od prašiva. Nakon toga su ekstrakti iscijeđeni kroz mlinsko

platno (slika 14.) i prosijani kroz sito otvora 150 μm (slika 15.). Zatim su vodeni biljni ekstrakt i alkoholni biljni ekstrakt pomiješani u omjeru 1:1 (slika 16.). U tretmanu je posebno primjenjen ekstrakt s vodom, ekstrakt s alkoholom te kombinacija navedenog pri omjeru 1:1. Ekstrakti su primjenjeni Kartell mikropipetom (slika 17.) u koncentraciji od 200 μl na 100 g pšenice (slika 18.), a uz to je postavljen i kontrolni tretman. Očitavanje mortaliteta vršilo se nakon 7. i 14. dana ekspozicije.



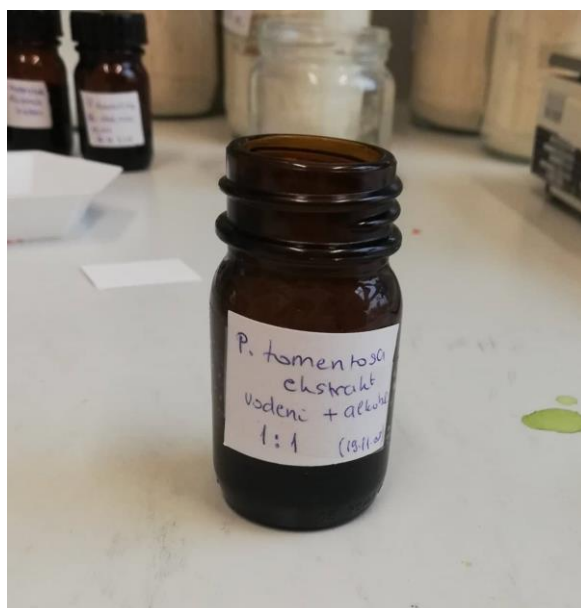
Slika 13. Prašivo paulovnije miješano s vodom i alkoholom (2-propanol) (Izvor: M. Lešić)



Slika 14. Ekstrakt iscijeđen kroz mlinsko platno (Izvor: M. Lešić)



Slika 15. Ekstrakt prosijan kroz sito (150 μm) (Izvor: M. Lešić)



Slika 16. Vodeni i alkoholni ekstrakt u omjeru 1:1 (Izvor: M. Lešić)



Slika 17. Primjena ekstrakta Kartell mikropipetom (Izvor: P. Lucić)



Slika 18. Odvaga 100 g pšenice za primjenu ekstrakta (Izvor: M. Lešić)

4. Rezultati

Rezultati istraživanja ukazuju na različito insekticidno djelovanje na žitnog kukuljičara ovisno o tretmanu. U tablici 1. je prikazano insekticidno djelovanje prašiva carske paulovnije na žitnog kukuljičara kroz dvije ekspozicije na pšenici. Mortalitet žitnog kukuljičara je postignut tek pri ekspoziciji od 14 dana. U tretmanu s najnižom dozom ($2\,500\text{ mg kg}^{-1}$) nije postignut statistički značajno viši mortalitet u odnosu na kontrolni tretman, dok je dvostruko višom dozom postignut statistički značajno viši mortalitet u odnosu na kontrolu, ali i ne u odnosu na najnižu dozu. Primjenom najviše doze ($10\,000\text{ mg kg}^{-1}$) pri ekspoziciji od 14 dana postignut je najviši mortalitet (21,2 %) i to statistički značajno viši u odnosu na dozu od $5\,000\text{ mg kg}^{-1}$. Pri najnižoj dozi produljenje ekspozicije sa 7 na 14 dana nije statistički značajno utjecalo na mortalitet, dok je kod viših doza zabilježena statistički značajna razlika u mortalitetu produljenjem ekspozicije.

Tablica 1. Insekticidno djelovanje prašiva carske paulovnije na žitnog kukuljičara nakon 7. i 14. dana ekspozicije na pšenici

Tretman	Doza (mg kg ⁻¹)	Mortalitet (%)±StD ^{1,2}		F	P
		Ekspozicija			
		7. dan	14. dan		
Carska paulovnja	0	0,0±0,00 aA	0,0±0,00 aA	0,00	<.0000
	2 500	0,0±0,00 aA	2,5±2,88 abA	0,00	<.0000
	5 000	0,0±0,00 aA	8,8±2,50 bB	0,00	<.0000
	10 000	0,0±0,00 aA	21,2±4,78 cB	0,00	<.0000
	F	0,00	20,38		
	P	<.0000	<.0025		

¹Prosječne vrijednosti u istoj koloni pri istoj ekspoziciji označene istim malim slovom nisu statistički značajno različite (Tukey's HSD, $P < 0.05$)

²Prosječne vrijednosti u istom redu pri istoj dozi pojedinog tretmana označene istim velikim slovom nisu statistički značajno različite (Tukey's HSD, $P < 0.05$)

U tablici 2. je prikazano insekticidno djelovanje inertnih prašiva Celatom Mn-51[®] i SilicoSec[®] na žitnog kukuljičara kroz dvije ekspozicije na pšenici. U tretmanu s DZ Celatom Mn-51[®] pri ekspoziciji od 7 dana statistički značajno viši mortalitet u odnosu na kontrolu je postignut pri dozi od 500 mg kg^{-1} . Primjenom najviše doze (750 mg kg^{-1}) pri ekspoziciji od 7 dana je postignut statistički značajno viši mortalitet u odnosu na dozu od 500 mg kg^{-1} . Produljenjem ekspozicije sa 7 na 14 dana postignut je statistički značajno viši mortalitet pri dozama od 500 i 750 mg kg^{-1} . Najviši mortalitet (66,2 %) je postignut pri najduljoj

ekspoziciji (14 dana) i najvišoj dozi (750 mg kg⁻¹) te je statistički značajno viši u odnosu na ostale doze. U tretmanu s DZ SilicoSec[®] statistički značajno viši mortalitet (32,5 %) u odnosu na kontrolu pri najkraćoj ekspoziciji (7 dana) je postignut pri dozi od 500 mg kg⁻¹. Povećanjem doze na 750 mg kg⁻¹ postignut je statistički značajno viši mortalitet u odnosu na niže doze. Produljenjem ekspozicije kod svih doza postignut je statistički značajno viši mortalitet osim kontrolnog tretmana. Pri dozi od 250 mg kg⁻¹ nije postignut statistički značajno viši mortalitet u odnosu na kontrolu, dok je povećanjem doze (500 mg kg⁻¹) postignut statistički značajno viši mortalitet (62,5 %), a najviši mortalitet (82,5 %) je postignut pri dozi od 750 mg kg⁻¹ i to statistički značajno viši u odnosu na niže doze (250 i 500 mg kg⁻¹).

Tablica 2. Insekticidno djelovanje inertnih prašiva Celatom Mn-51[®] i SilicoSec[®] na žitnog kukuljičara nakon 7. i 14. dana ekspozicije na pšenici

Tretman	Doza (mg kg ⁻¹)	Mortalitet (%)±StD ^{1,2}		F	P
		Ekspozicija			
		7. dan	14. dan		
Celatom Mn-51 [®]	0	0,0±0,00 aA	0,0±0,00 aA	0,00	<.0000
	250	3,8±7,50 abA	16,2±10,31 aA	3,85	<.0975
	500	15,0±7,07 bA	38,7±14,36 bB	8,80	<.0250
	750	35,0±9,13 cA	66,2±7,50 cB	27,99	<.0018
	F	20,87	35,86		
	P	<.0001	<.0001		
SilicoSec [®]	0	0,0±0,00 aA	0,0±0,00 aA	0,00	<.0000
	250	1,2±2,50 aA	13,7±4,79 aB	21,43	<.0036
	500	32,5±17,08 bA	62,5±15,55 bB	6,75	<.0408
	750	66,2±10,31 cA	82,5±5,00 cB	8,05	<.0297
	F	69,48	84,74		
	P	<.0005	<.0001		

¹Prosječne vrijednosti u istoj koloni pri istoj ekspoziciji označene istim malim slovom nisu statistički značajno različite (Tukey's HSD, P<0.05)

²Prosječne vrijednosti u istom redu pri istoj dozi pojedinog tretmana označene istim velikim slovom nisu statistički značajno različite (Tukey's HSD, P<0.05)

Tablica 3. prikazuje insekticidno djelovanje ekstrakta carske paulovnije na žitnog kukuljičara kroz dvije ekspozicije na pšenici. Od ekstrakata primijenjeni su posebno vođeni ekstrakt (ekstrakt 1), alkoholni ekstrakt (2-propanol – ekstrakt 3) i kombinacija vodenog i alkoholnog ekstrakta (ekstrakt 2) carske paulovnije. Najviši mortalitet (40,0 %) pri ekspoziciji od 7 dana postignut je alkoholnim ekstraktom te se nije statistički značajno razlikovao od mortaliteta (10,0 %) postignutog s vodenim ekstraktom i mortaliteta (20,0 %) postignut kombinacijom vodenog i alkoholnog ekstrakta. Produljenjem ekspozicije na 14 dana rastao je mortalitet, ali i ne statistički značajno u odnosu na ekspoziciju od 7 dana. Pri najduljoj ekspoziciji (14 dana) također nije zabilježena statistički značajna razliku u mortalitetu između svih tretmana.

Tablica 3. Insekticidno djelovanje ekstrakta carske paulovnije na žitnog kukuljičara nakon 7. i 14. dana ekspozicije na pšenici

Tretman ³	Doza (ml kg ⁻¹)	Mortalitet (%)±StD ^{1,2}		F	P
		Ekspozicija			
		7. dan	14. dan		
Ekstrakt 1	2	10,0±14,14 aA	21,2±14,36 aA	1,25	<.3070
Ekstrakt 2	2	20,0±10,80 aA	23,7±8,54 aA	0,30	<.6056
Ekstrakt 3	2	40,0±23,45 aA	43,7±24,96 aA	0,05	<.8339
	F	3,23	2,02		
	P	<.0876	<.1881		

¹Prosječne vrijednosti u istoj koloni pri istoj ekspoziciji označene istim malim slovom nisu statistički značajno različite (Tukey's HSD, P<0.05)

²Prosječne vrijednosti u istom redu pri istim tretmanom označene istim velikim slovom nisu statistički značajno različite (Tukey's HSD, P<0.05)

³Ekstrakt 1 = vodení ekstrakt carske paulovnije; Ekstrakt 2 = kombinacija vodenog i alkoholnog ekstrakta carske paulovnije pri omjeru 1:1; Ekstrakt 3 = alkoholni ekstrakt (2-propanol) carske paulovnije

5. Rasprava

Rezultati istraživanja ukazuju na insekticidno djelovanje carske paulovnije i dijatomejske zemlje na žitnog kukuljičara. Od biljnih dijelova carske paulovnije se koristio list od kojeg se pravilo prašivo te ekstrakt, a dijatomejska zemlja SilicoSec® i Celatom Mn-51®. Visina učinkovitosti ovisila je o dva čimbenika: dužina ekspozicije te primijenjena doza. Tako su Liška i sur. (2017.) uočili višestruko djelovanje prirodnih formulacija na bazi inertnog prašiva i ekstrakta suncokreta na kestenjastog brašnara. Naime navode da je vjerojatno rezultat ovakvog djelovanja upravo utjecaj različitih komponenata u sastavu tretiranih formulacija. U primjeni prašiva carske paulovnije nakon 7. dana ekspozicije nije utvrđen mortalitet niti u jednoj dozi prašiva. Dok je nakon 14. dana ekspozicije postignuta značajno viša učinkovitost u odnosu na ekspoziciju nakon 7. dana. Najmanja doza od 2 500 mg kg⁻¹ je uzrokovala mortalitet od 2,5 %, srednja doza (5 000 mg kg⁻¹) postigla je višu učinkovitost (mortalitet od 8,8 %), bez značajne razlike, dok se najbolje pokazala najviša doza (10 000 mg kg⁻¹) koja je uzrokovala mortalitet od (21,2 %). Prašivo carske paulovnije je postiglo zadovoljavajući mortalitet tek pri najvišoj dozi i pri najduljoj ekspoziciji.

Autori Lucić i sur. (2017.) testirali su insekticidni i alelopatski potencijal cvijeta lavandina. Testirane su tri frakcije s različitim promjerom čestica prašiva; 150, 63 i 45 µm na tri vrste skladišnih štetnih kukaca (*S. oryzae*, *R. dominica* i *T. castenauum*) s ciljem utvrđivanja utjecaja veličine čestica na mortalitet kukaca. Na temelju rezultata, autori naglašavaju da veličina ne utječe značajno na promjenu mortaliteta testiranih kukaca. U primjeni dijatomejske zemlje Celatom Mn-51® povećanjem doze se povećavao i mortalitet. Lavandin ima široku primjenu u farmakologiji i aromaterapiji zbog sadržaja eteričnog ulja, a zbog insekticidnog djelovanja primjenjuje se i u suzbijanju skladišnih kukaca (De Pasqual-Teresa i sur., 1991.). Također, Doumbia i sur. (2014.) navode da određene vrste kukaca, kao što je kestenjasti brašnar, imaju deblju i tvrđu kutikulu u odnosu na žitnog kukuljičara, što može biti u vezi s većom osjetljivošću žitnog kukuljičara na prašivo lavandina, obzirom na činjenicu da su čestice različitih biljnih prašiva različitog oblika te da osim insekticidnog djelovanja oštećuju kutikulu kukca mehanički i abrazijom. Naime, to dovodi do gubitka vode iz tijela te naposljetku do ugibanja (Sousa i sur., 2005.). Pri dozi od 250 mg kg⁻¹ mortalitet je iznosio 3,8 % nakon 7. dana ekspozicije, dok je nakon 14. dana ekspozicije iznosio 16,2 %. Doza od 500 mg kg⁻¹ je postigla mortalitet od 15,0 % nakon 7. dana ekspozicije, a nakon 14. dana ekspozicije 38,7 %. Najbolje se pokazala najviša doza (750 mg kg⁻¹) koja je nakon 7. dana postigla mortalitet od 35,0 %, a nakon 14. dana ekspozicije mortalitet od 66,2 %.

Veća insekticidna učinkovitost nakon 14. dana u odnosu na 7. dana ekspozicije je i očekivana obzirom na sorpcijsko djelovanje prašiva na kukce (Korunić, 2010.). Naime, potrebno je određeno vrijeme kako bi čestice dijatoma, sorpcijom i djelomice abrazijom oštetile voštani sloj kutikule kukaca. Posljedica toga je da kukac gubi vodu iz tijela, te nakon nekog vremena ugiba od isušivanja (Ebeling, 1971.; Korunić, 2010.). Primjena dijatomejske zemlje SilicoSec® je bolje rezultirala nakon 14. dana ekspozicije. Najlošije se pokazala doza od 250 mg kg⁻¹ koja je uzrokovala svega 1,2 % mortaliteta nakon 7. dana, te mortalitet od 13,7 % nakon 14. dana ekspozicije. Povećanjem doze na 500 mg kg⁻¹ se povećao i mortalitet na 32,5 % nakon 7. dana, i 62,5 % nakon 14. dana ekspozicije. Najbolje se pokazala najviša doza (750 mg kg⁻¹) koja je uzrokovala mortalitet od 66,2 % nakon 7. dana ekspozicije, te 82,5 % nakon 14. dana ekspozicije. Različita osjetljivost na dijatomejsku zemlju kod različitih vrsta skladišnih štetnika je ranije uočena u velikom broj istraživanja (Fields i Muir, 1995.; Fields i Korunić, 2000.). Takva različitost se pripisuje prije svega anatomske građi tijela kukca i njihovoj fiziologiji. Općenito, kukci imaju veliku površinu tijela u odnosu na volumen tijela, te su osjetljiviji jer gube veće količine vode iz tijela (Korunić, 2013.).

Bartlett (1951.) navodi kako debljina zaštitnog voštang sloja također ima vrlo značajnu ulogu. Kukci koji mogu brzo nadoknaditi izgubljenu vodu iz tijela, kao što su kukci koje se hrane sisanjem i grinje, su tolerantnije nego oni koji nadoknađuju vodu iz hrane (Flanders, 1941.). Korunić i sur. (2009.) su laboratorijski pokusima utvrdili potencijalnu insekticidnu učinkovitost na štetne skladišne insekte, jedan od njih je i *R. dominica*. Jedan hrvatski uzorak koji se sastojao od čestica veličine 45 mikrona pokazao je samo neznatno manju učinkovitost u usporedbi sa standardnim formulacijama DZ. Nakon izloženosti testnih kukaca pšenici zaprašenoj sa 600 mg kg⁻¹ tijekom 18 dana, izazvala je 100,0 % mortalitet kukaca, dok je hrvatska DZ izazvala mortalitet žitnog kukuljičara od 99,0 %.

Kalinović i sur. (2011.) su istraživali nekoliko prašiva na bazi DZ pomiješane s piretrinom te prašivo Protect-It® na kestenjastog brašnara. Mješavine dijatomejske zemlje s piretrinom su imale manji učinak na mortalitet, a veći na razvoj potomstva u odnosu na samo prašivo Protect-It®, zbog paralizirajućeg učinka piretrina na odrasle kukce te time srpječava odlaganja jaja u zrna pšenice. U tretmanima s ekstraktom nisu postignute značajne razlike između ekstrakta. Biljni ekstrakti navode Trdan i sur. (2008.) mogu biti alternativa sintetskim pesticidima jer su bogati visokim sadržajem bioaktivnih kemikalija. Biljne supstance mogu, uz toksičan i insekticidni učinak, uzrokovati poremećaje u ishrani odraslih kukaca te na taj način mogu djelovati kao repelenti (Koona i sur., 2007.).

Lucić i sur. (2017.) su istraživali insekticidnu učinkovitost biljnih ekstrakata na žitnog kukuljičara. Koristili su biljni ekstrakt na bazi mažurana i suncokreta primjenom na četiri različite površine (staklo, keramičke ploče, obrađeno drvo i sirovo drvo), u svrhu moguće primjene na skladišne objekte. Biljni ekstrakt je apliciran kistom na površinu 78 cm² po uzorku, te je učinkovitost procijenjena mortalitetom odraslih jedinki nakon 4, 24 i 48 sati. Tretmani su postavljeni kroz tri ponavljanja s 20 jedinki žitnog kukuljičara po tretmanu, starosti 7-21 dan. Najveći mortalitet pri najkraćoj ekspoziciji (4 sata) je zabilježena s ekstraktom mažurana na staklenoj površini s mortalitetom od 58,33 %, na keramičkoj ploči je zabilježen mortalitet 40,00 %, te najmanja učinkovitost na obrađenoj drvenoj površini (5,00 %), i neobrađenoj drvenoj površini (3,33 %). Produljenjem ekspozicije mortalitet se nije statistički značajno mjenjao. Ekstrakt suncokreta postigao je najveću učinkovitost tek nakon 48 sati ekspozicije na staklenoj površini s mortalitetom od 56,67 %, na keramičkim pločama je mortalitet 41,67 %, manja učinkovitost se također vidi na obrađenoj drvenoj površini (16,67 %), te na neobrađenoj drvenoj površini (1,67 %). Postoji nekoliko različitih čimbenika koji uvjetuju razlike u osjetljivosti među vrstama skladišnih štetnika. Insekticidna svojstva određenih biljnih vrsta postaju intenzivnija tek nakon određenog vremena, ovisno o obliku primjene (Popoola, 2013.). Nakon introdukcije štetnika na tretirano zрно, redovito više prašiva DZ prijanja za kutikulu osjetljivih vrsta (Fields i Korunić, 2000.). Drugi čimbenici kao što su bolje zadržavanje tjelesne tekućine te bolja obnova vlage iz vanjske sredine, također mogu biti odgovorni za različitu osjetljivost (Shah i Khan, 2014.). Osim toga Shah i Khan (2014.) navode druge moguće odgovorne čimbenike kao što su veličina tijela, razlike u lipidima kutikule, razlike u kretanju štetnika kroz zrnatu masu, reakcije ponašanja na DZ ili isušivanje.

6. Zaključak

Nakon istraživanja insekticidnog utjecaja dijatomejske zemlje, prašiva i ekstrakta carske paulovnije (*P. tomentosa*) na žitnog kukuljičara (*R. dominica*) može se zaključiti:

- Svaki tretman ovisno o primijenjenoj dozi i ekspoziciji pokazali su različito insekticidno djelovanje. Dok u kontrolnim tretmanima nije utvrđen mortalitet.
- Povećanjem doze, te povećanjem dana ekspozicije se povećavao i mortalitet.
- Prašivo carske paulovnije je pokazalo zadovoljavajući mortalitet tek nakon 14. dana ekspozicije u odnosu na ekspoziciju nakon 7. dana gdje nije zabilježen mortalitet žitnog kukuljičara. Nakon 14. dana ekspozicije se postotak mortaliteta povećavao s povećanjem doze prašiva.
- Insekticidno djelovanje inertnog prašiva je bilo učinkovitije od prašiva carske paulovnije. Najmanja doza je bila učinkovita nakon 7. dana ekspozicije. Ovisno o primijenjenoj dozi dijatomejske zemlje Celatom Mn-51[®], mortalitet *R. dominica* se kretao od 3,8 %, 15,0 % te 35,0 % nakon 7 dana, odnosno od 16,2 %, 38,7 % i 66,2 % nakon 14. dana ekspozicije. Nadalje, SilicoSec[®] se pokazao učinkovitijim s povećanom dozom primjene u odnosu na Celatom Mn-51[®].
- Najučinkovitiji ekstrakt je bio alkoholni ekstrakt (2-propanol) carske paulovnije koji je ostvario mortalitet od 40,0 % nakon 7 dana, odnosno 43,7 % nakon 14. dana ekspozicije. Najmanje učinkovit je bio vodeni ekstrakt carske paulovnije, s mortalitetom od 10,0 % nakon 7 dana, te 21,2 % nakon 14. dana ekspozicije. Kombinacija vodenog i alkoholnog ekstrakta carske paulovnije pri omjeru 1:1 je postigla mortalitet žitnog kukuljičara od 20,0 % nakon 7 dana i 23,7 % nakon 14. dana ekspozicije.
- Dobiveni rezultati ukazuju na to da postoji visoki insekticidni potencijal carske paulovnije u suzbijanju skladišnih štetnika.

7. Literatura

1. Ahmed, S.M. (1994.): Neem (*Azadirachta indica* A. Juss) a safer insecticide potentials and prospects, "Pest Management, pp. 1-3.
2. Allen, S. E. (1998.): Properties and uses of inert dusts. Australian Post harvest Technical Conference, 1998., pp. 310-311.
3. Athanassiou, C.G., Steenberg, T. (2007.): Insecticidal effect of *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin (Ascomycota: Hypocreales) in combination with three diatomaceous earth formulations against (L.) (Coleoptera: Curculionidae). Biol. Control. 40 (3): 411–416.
4. Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., Idaomar, M. (2008.): Biological effects of essential oils-a review. Food and Chemical Toxicology, vol. 46, no. 2, pp. 446-475.
5. Bartlett, B.R. (1951.): The action of certain inert dust materials on parasitic Hymenoptera, Journal of Economic Entomology, 44(6), 891-896.
6. Belmain, S. R., Nea, G. E., Ray, D. E., Golob, P. (2001.): Insecticidal and vertebrate toxicity associated with ethnobotanicals used as post – harvest protectants in Ghana. Food and Chemical Toxicology, 39(3): 287-291.
7. De Pasqual-Teresa, J., Ovejero, J., Caballero, E., Caballero, M.C., Anaya, J., Pastrana, I.D. (1991.): Contribution to the study of lavender and the lavender oils. An Quim, 87, 402-404.
8. Doumbia, M., Gondo Duan, B., Kwadjo, K.E., Kra, D.K., Martel, V., Dagnogo, M. (2014.): Effectiveness of diatomaceous earth for control of *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae), *Tribolium castaneum* and *Palorus subdepressus* (Coleoptera: Tenebrionidae). Journal of Stored Product Research 57, 1-5.
9. Ebeling, W. (1971.): Sorptive dust for pest control. Annals Review Entomology. Stored Product Research 35, 175-182.
10. Fields, P.G., Muir, W.E. (1995.): Physical control. In: Subramanyam, B., Hangstrum, D.W. (Eds), Integrated management of insects in stored products. Marcel Dekker Inc., New York, pp. 195-221.
11. Fields, P.G., Korunić, Z. (2000.): The effect of grain moisture content and temperatures on the efficacy of diatomaceous earths from different geographical locations against stored-products beetles. Journal of Stored Products Research 36, 1-13.
12. Fields, P., Korunić, Z. (2003.): Diatoms industrial use: Diatomaceous earth as an insecticide. Eureka: Diatoms-Nature's Gems.

13. Flanders, S.F (1941.): Dust as an inhibiting factor in the reproduction of insects. *Journal of Economic Entomology*, 34(3), 470-472.
14. Hamel, D. (1997.): Zbornik ZUPP – Zaštita uskladištenih poljoprivrenih proizvoda, 4.-6. lipnja 1997. Malinska.
15. Hamel, D. (2012.): Što je to fumigacija? Zbornik predavanja. DDD Trajna edukacija. Zagreb, 3.
16. Jotwani, M.G., Sircar, P. (1965.): Neem seed as protectant against stored grain pests infesting wheat seed. *Indian Journal of Entomology*, vol. 27, pp. 160-164.
17. Kalinović, I., Korunić, Z., Rozman, V., Liška, A. (2011.): Djelotvornost dijatomejske zemlje i mješavina dijatomejske zemlje i piretrina, *Poljoprivreda* 17(2): 13-17.
18. Koona, P., Ghogumu, R., Koona, O.E.S., Ngamdo, G., Noutsu, J. (2007.): The use of powder from the stem bark of *Scorodophleus zenkeri* harms for the prevention of damage to stored beans by *Acanthoscelides obtectus* Say. (Coleoptera: Bruchidae). *J. Appl. Sci. Res.* 3: 329-332.
19. Korunić, Z. (1990.): Štetnici uskladištenog proizvoda, Zagreb.
20. Korunić, Z., Mackay, A. (2000.): Grain surface-layer treatment of diatomaceous earth for insect control, *Arh.Hig.Rada.Toksikol.* 51:1-11.
21. Korunić, Z. (2007.): Joint action of ready to use insecticide mixture of plant extract bitterbarkomycin and diatomaceous earth to control stored grain insects. *Proceedings Seminar DDD I ZUPP 2007 – Disinfection, Disinfestation and Deratization and Protection of Stored Agricultural Products*. Dubrovnik, 375-387.
22. Korunić, Z., Rozman, V., Halamić, J. (2009.): Dijatomejska zemlja u Hrvatskoj. Zbornik radova seminara. DDD i ZUPP slijedimo li svjetski razvoj. Zadar, 325-333.
23. Korunić, Z. (2010.): Rezultat istraživanja i novine u upotrebi dijatomejske zemlje u zaštiti uskladištenih proizvoda. Zbornik radova seminara. DDD I ZUPP, prvo desetljeće u novom stoljeću, 24.-26. ožujak 2010. Pula, 325-339.
24. Korunić, Z. (2013.): Diatomaceous earth – natural insecticides. *Pestic. Phytomed.* (Belgrade), 28(2), 77-95.
25. Liška, A., Korunić, Z., Rozman, V., Lucić, P., Baličević, R., Halamić, J., Galović, I. (2016.): Laboratorijska procjena insekticidne djelotvornosti biljne formulacije na rižinog žiška (*Sitophylus oryzae* L.) i žitnog kukuljičara (*Rhyzopertha dominica* Fab.) prskanjem na različitim površinama. Zbornik radova seminara DDD i ZUPP 2016. 28. seminar „Novine u djelatnosti dezinfekcije, dezinfestacije, deratizacije i zaštite uskladištenih poljoprivrednih proizvoda“: zbornik radova = seminar: disinfection, disinifestation,

- deratization and protection of stored agricultural products: proceedings. Korunić, Javorka; Zagreb; Korunić, 2016., 271-280.
26. Liška, A., Korunić, Z., Rozman, V., Lucić, P., Baličević, R., Halamić, J., Galović, I. (2017.): Procjena insekticidne djelotvornosti formulacija na bazi dijamita, silika gela i biljnih ekstrakata na žitnom kukuljičaru (*Rhyzopertha dominica* Fab.) i kestenjastom brašnaru (*Tribolium castaneum* Herbst). Zbornik radova 29. Znanstveno – stručnog – edukativnog seminara s međunarodnim sudjelovanjem DDD i ZUPP 2017., 291-299.
 27. Lucić, P., Ravlić, M., Rozman, V., Liška, A., Baličević, R., Zimmer, D., Pejić, S., Živković, M., Paponja, I. (2017.): Lavandin (*Lavandula x intermedia* Emeric ex Loisel.) – izvor okolišno prihvatljivih potencijala u zaštiti bilja. Proceedings & abstracts 10th international scientific/professional conference Agriculture in Nature and Environment Protection/ Mijić, P., Ranogajec, Lj. – Osijek: Glas Slavonije d.d., 2017., 148-152.
 28. Lucić, P., Rozman, V., Liška, A., Baličević, R., Ravlić, M. (2017.): Laboratorijska procjena insekticidne učinkovitosti biljnih ekstrakata u suzbijanju žitnog kukuljičara (*Rhyzopertha dominica* Fab.). Zbornik sažetaka 52. hrvatski i 12. međunarodni simpozij agronoma. Osijek, 2017., 37-38.
 29. Lucić, P., Ravlić, M., Rozman, V., Baličević, R., Liška, A., Župarić, M., Grubišić, D., Paponja, I. (2018.): Insekticidni i alelopatski potencijal ljupčaca (*Levisticum officinale* Koch). Proceedings & abstracts 11th international scientific/professional conference Agriculture in Nature and Environment Protection/Jug, Danijel, Brozović, Bojana. Osijek: Glas Slavonije d.d., 2018., 239-244.
 30. Paponja, I., Liška, A., Rozman, V., Lucić, P. (2017.): Procjena inertnog prašiva Protect-It® u kontroli žitnog kukuljičara *Rhyzopertha dominica* Fab. na različitim sortama pšenice, raži i zobi. Zbornik sažetaka 52. Hrvatski i 12. Međunarodni simpozij agronoma. Dubrovnik, Hrvatska, 12.-17.02.2017., 41-42.
 31. Paponja, I., Liška, A., Rozman, V., Lucić, P. (2018.): Primjena inertnog prašiva dijamitejske zemlje u kontroli žitnog kukuljičara *Rhyzopertha dominica* Fab. (Coleoptera: Bostrichidae) na sortama pšenice, raži, zobi. Agronomski glasnik, 79 (2018.), 3;87-98.
 32. Pereira, J., Wohlgemuth, R. (1982.): Neem (*Azadirachta indica* A. Juss) of West African origin as a protectant of stored maize. Journal of Applied Entomology, vol.94, pp. 208-214.

33. Popoola, K.O.K. (2013.): Application of selected Bioinsecticides in management of *Oryzaephilus surinamensis* (Coleoptera: Silvanidae) on *Phoenix dactylifera* (Date fruits). Nature and Science 11(1): 110-115.
34. Ritz, J. (1978.): Osnovi uskladištenja ratarskih proizvoda, Zagreb.
35. Rozman, V., Liška, A.: Skladištenje ratarskih proizvoda, Priručnik za vježbe, Fakultet agrobiotehničkih znanosti u Osijeku, Osijek.
<http://www.fazos.unios.hr/upload/documents/Skladistenje%20ratarskih%20proizvoda%20-prirucnik%20za%20vjezbe.pdf>.
36. Rozman, V., Kalinović, I. (2000.): The efficacy of some aromatic plants against stored products insects. Book of abstracta XXI Interational Congress of Entomology, Foz do Iguassu, Brazil, 351.
37. Rozman, V., Korunić, Z., Hamel, D. (2014.): Insekticidni uzročnici rezistetnosti štetnika uskladištenih poljoprivrednih proizvoda i hrane. Zbornik radova seminara DDD I ZUPP 2014 – jučer, danas, sutra. Zagreb: Korunić d.o.o., Split, Hrvatska, 25.-28.3.2014., 233-241.
38. Shah, M., A., Khan, A., A., (2014.): Use of diatomaceous earth for the management of stored-product pests. Int. J. Pestic. Manage. 60: 100-113.
39. Smith, B.C. (1969.): Effects of silica on the survival of *Coleomegilla maculata lengi* (Coleoptera: Coccinellidae) and *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae) Can. Ent. 101:460-462.
40. Sousa, A.H.D., Maracaja, P.B., Silva, R.M., Moura, M.N., Andrade, W.G. (2005.): Bioactivity of vegetal powders against *Callosobruchus masculatus* (Coleoptera: Bruchidae) in caupi bean and seed physiological analysis. Revista de Biologica E Ciencias Da Terra. 5, 19-23.
41. Trdan, S., Žnidarčič, D., Vidrih, M., Kač., M. (2008.): Three natural substances for use against *Alternaria cichorii* on selected varieties of endive: antifungal agent, plantstrengtheners, or foliar fertilizers? J. Plant Dis. Prot. 115: 63-68.
42. Webb, J.E. (1945.): The penetration of Derris through the spiracles and cuticle of *Melophagus ovinus*, L. Bull. Ent. Res. 36:15-22.

Poveznice s interneta:

- <https://repozitorij.unios.hr/islandora/object/pfos:1298> (14.07.2019.)
- <https://www.bib.irb.hr/812581> (14.07.2019.)
- <https://repozitorij.fazos.hr/islandora/object/pfos%3A1482/datastream/PDF/view> (28.07.2019.)
- <https://hrcak.srce.hr/193341> (30.08.2019.)
- <https://www.bib.irb.hr/928638> (30.08.2019.)
- <https://www.bib.irb.hr/862654> (30.08.2019.)
- (<http://www.nbair.res.in/insectpests/Rhyzopertha-dominica.php>) (16.09.2019.)
- (<https://hr.insterne.com/sto-je-dijatomejska-zemlja/>) (16.09.2019.)

8. Sažetak

Provedeno je istraživanje insekticidnog utjecaja dijatomejske zemlje, prašiva i ekstrakta carske paulovnije na žitnog kukuljičara. Primjenjeni su u tretmanima prašiva lista carske paulovnije, dijatomejska zemlja Celatom Mn-51[®] i SilicoSec[®], te ekstrakti u različitim dozama nakon 7. i 14. dana ekspozicije. Od ekstrakata je korišten: vodeni ekstrakt carske paulovnije; kombinacija vodenog i alkoholnog ekstrakta carske paulovnije pri omjeru 1:1; te alkoholni ekstrakt (2-propanol) carske paulovnije. Insekticidna učinkovitost je ovisila o dozi i ekspoziciji. Najlošije se pokazalo prašivo carske paulovnije koje nakon 7. dana ekspozicije nije postiglo mortalitet. Dijatomejska zemlja (DZ) se pokazala najvišu insekticidnu učinkovitost. Povećanjem doze se i mortalitet povećavao te je najviša doza od 750 mg kg⁻¹ postigla najviši mortalitet. DZ SilicoSec[®] je postigla viši mortalitet u odnosu na Celatom MN-51[®]. Od ekstrakata lista carske paulovnije najbolje je djelovao ekstrakt 3 (alkoholni ekstrakt), zatim kombinacija alkoholnog i vodenog ekstrakta carske paulovnije (ekstrakt 2), dok je najniži mortalitet postigao vodeni ekstrakt (ekstrakt 1) carske paulovnije.

Ključne riječi: carska paulovnja, žitni kukuljičar, SilicoSec[®], Celatom Mn-51[®], ekstrakt

9. Summary

This research was conducted with the aim to test the insecticidal efficacy of diatomaceous earth, powder and extract of empress tree against lesser grain borer. Treatments with leaf powder of empress tree, diatomaceous earths Celatom Mn-51[®] and SilicoSec[®], as well as extracts in different doses were applied in two different exposures (7 and 14 days). The following extracts were used: aqueous extract; combination of aqueous and alcoholic extract in 1:1 ratio; and alcoholic extract (2-propanol) of the empress tree. The insecticidal influence depended on the dose and exposure. The least effective was the powder of empress tree which on the seventh day of exposure has not achieved any mortality. Diatomaceous earth proved to have the highest insecticidal properties. As the doses were raised the mortality rate was higher. The highest dose (750 mg kg⁻¹) achieved the highest mortality. Diatomaceous earth SilicoSec[®] achieved a higher mortality rate than Celatom Mn-51[®]. The most effective extract has proved to be extract 3 (alcoholic extract), followed by the combination of alcoholic and aqueous extract of (extract 2), while the lowest mortality rate was achieved by the aqueous extract (extract 1) of empress tree.

Key words: Empress tree, Lesser grain borer, SilicoSec[®], Celatom Mn-51[®], Extract

10. Popis tablica

Red. br.	Naziv tablice	Str.
Tablica 1.	Insekticidno djelovanje prašiva carske paulovnije na žitnog kukuljičara nakon 7. i 14. dana ekspozicije na pšenici	18
Tablica 2.	Insekticidno djelovanje inertnih prašiva Celatom Mn-51 [®] i SilicoSec [®] na žitnog kukuljičara nakon 7. i 14. dana ekspozicije na pšenici	19
Tablica 3.	Insekticidno djelovanje ekstrakta carske paulovnije na žitnog kukuljičara nakon 7. i 14. dana ekspozicije na pšenici	20

11. Popis slika

Red. br.	Naziv slike	Str.
Slika 1.	Žitni kukuljičar (<i>R. dominica</i>)	3
Slika 2.	Carska paulovnja (<i>P. tomentosa</i>)	4
Slika 3.	Dijatomejska zemlja	5
Slika 4.	Sito promjera 2,0 mm	9
Slika 5.	Uređaj za sušenje	10
Slika 6.	Dickey-John GAC 2100	10
Slika 7.	Žitni kukuljičar u pšenici	11
Slika 8.	Osušeni list carske paulovnije	12
Slika 9.	Usitnjeni list carske paulovnije	12
Slika 10.	Mlin IKA® TubeMill	13
Slika 11.	Carska paulovnja prosijana kroz sito promjera 150 µm	13
Slika 12.	Odvaga inertnog prašiva	14
Slika 13.	Prašivo carske paulovnije miješano s vodom i alkoholom (2-propanol)	15
Slika 14.	Ekstrakt iscjeđen kroz mlinsko platno	15
Slika 15.	Ekstrakt prosijan kroz sito 150 µm	16
Slika 16.	Vodeni i alkoholni ekstrakt u omjeru 1:1	16
Slika 17.	Primjena ekstrakta Kartell mikropipetom	17
Slika 18.	Odvaga 100 g pšenice za primjenu ekstrakta	17

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Diplomski rad

Fakultet agrobiotehničkih znanosti u Osijeku

Sveučilišni diplomski studij Bilinogojstvo, smjer Zaštita bilja

Insekticidni utjecaj dijatomejske zemlje, prašiva i ekstrakta carske paulovnije (*Paulownia tomentosa*) na
žitnog kukuljičara (*Rhyzopertha dominica*)

Magdalena Lešić

Sažetak

Provedeno je istraživanje insekticidnog utjecaja dijatomejske zemlje, prašiva i ekstrakta carske paulovnije na žitnog kukuljičara. Primjenjeni su u tretmanima prašiva lista carske paulovnije, dijatomejska zemlja Celatom Mn-51® i SilicoSec®, te ekstrakti u različitim dozama nakon 7. i 14. dana ekspozicije. Od ekstrakata je korišten: vodeni ekstrakt carske paulovnije; kombinacija vodenog i alkoholnog ekstrakta carske paulovnije pri omjeru 1:1; te alkoholni ekstrakt (2-propanol) carske paulovnije. Insekticidna učinkovitost je ovisila o dozi i ekspoziciji. Najlošije se pokazalo prašivo carske paulovnije koje nakon 7. dana ekspozicije nije postiglo mortalitet. Dijatomejska zemlja (DZ) se pokazala najvišu insekticidnu učinkovitost. Povećanjem doze se i mortalitet povećavao te je najviša doza od 750 mg kg⁻¹ postigla najviši mortalitet. DZ SilicoSec® je postigla viši mortalitet u odnosu na Celatom MN-51®. Od ekstrakata lista carske paulovnije najbolje je djelovao ekstrakt 3 (alkoholni ekstrakt), zatim kombinacija alkoholnog i vodenog ekstrakta carske paulovnije (ekstrakt 2), dok je najniži mortalitet postigao vodeni ekstrakt (ekstrakt 1) carske paulovnije.

Rad je izrađen pri: Fakultet agrobiotehničkih znanosti u Osijeku

Mentor: dr. sc. Pavo Lucić

Broj stranica: 35

Broj grafikona i slika: 18

Broj tablica: 3

Broj literaturnih navoda: 42

Broj priloga: 0

Jezik izvornika: hrvatski

Ključne riječi: carska paulovnja, žitni kukuljičar, SilicoSec®, Celatom Mn-51®, ekstrakt

Datum obrane:

Stručno povjerenstvo za obranu:

1. dr. sc. Marija Ravlić, predsjednica
2. dr. sc. Pavo Lucić, mentor
3. izv. prof. dr. sc. Anita Liška, članica

Rad je pohranjen u: Knjižnica Fakulteta agrobiotehničkih znanosti u Osijeku, Sveučilište u Osijeku, Vladimira Preloga 1, 31000 Osijek

BASIC DOCUMENTATION CARD

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek

Graduate thesis

Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

Unyvesity Graduate Studies, Plant production, course Plant Protection

Insecticidal efficacy of diatomaceous earth, powder and extract of empress tree (*Paulownia tomentosa*)
against lesser grain borer (*Rhyzopertha dominica*)

Magdalena Lešić

Abstract:

This research was conducted with the aim to test the insecticidal efficacy of diatomaceous earth, powder and extract of empress tree against lesser grain borer. Treatments with leaf powder of empress tree, diatomaceous earths Celatom Mn-51® and SilicoSec®, as well as extracts in different doses were applied in two different exposures (7 and 14 days). The following extracts were used: aqueous extract; combination of aqueous and alcoholic extract in 1:1 ratio; and alcoholic extract (2-propanol) of the empress tree. The insecticidal influence depended on the dose and exposure. The least effective was the powder of empress tree which on the seventh day of exposure has not achieved any mortality. Diatomaceous earth proved to have the highest insecticidal properties. As the doses were raised the mortality rate was higher. The highest dose (750 mg kg⁻¹) achieved the highest mortality. Diatomaceous earth SilicoSec® achieved a higher mortality rate than Celatom Mn-51®. The most effective extract has proved to be extract 3 (alcoholic extract), followed by the combination of alcoholic and aqueous extract of (extract 2), while the lowest mortality rate was achieved by the aqueous extract (extract 1) of empress tree.

Thesis performed at: Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

Mentor: Pavo Lucić, PhD

Number of pages: 35

Number of figures: 18

Number of tables: 3

Number of references: 42

Number of appendices: 0

Original in: Croatian

Key words: Empress tree, Lesser grain borer, SilicoSec®, Celatom Mn-51®, Extract

Thesis defended on date:

Reviewers:

1. Marija Ravlić, PhD, chair
2. Pavo Lucić, PhD, mentor
3. Anita Liška, PhD, Associate Professor, member

Thesis deposited at: Library of Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, University of Osijek, Vladimira Preloga 1, 31000 Osijek